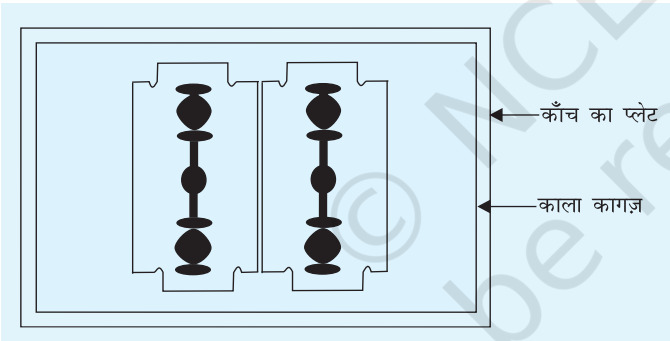
क्रियाकलाप 12

उद्देश्य

एक संकीर्ण झिरी द्वारा प्रकाश के विवर्तन का प्रेक्षण करना।

उपकरण तथा आवश्यक सामग्री

दो रेज़र ब्लेड, चिपकने वाली टेप/सेलो टेप, प्रकाश का स्रोत (विद्युत बल्ब/लेज़र पेंसिल), काले कागज का एक टुकड़ा, काँच की प्लेट ।

सिद्धांत

चित्र A12.1 दो रेज़र ब्लेडों एक काँच का स्लाइड तथा काले कागज़ के उपयोग से बनी एक संकीर्ण झिरी

जब कोई प्रकाश पुंज किसी संकीर्ण छिद्र (द्वारक) या किसी तीक्ष्ण अवरोध के इधर-उधर से गुज़रता है तो यह अवरोध/छिद्र के कोनों के इर्द-गिर्द मुड़ जाता है। प्रकाश पुंज फैलता है तथा यह अवरोध की ज्यामितीय छाया में प्रवेश कर जाता है। अवरोधों अथवा द्वारक के इर्द-गिर्द प्रकाश के मुड़ने की इस परिघटना को विवर्तन कहते हैं तथा यह प्रकाश की तरंग प्रकृति के पक्ष में एक प्रमाण है। किसी तरंगाग्र के विभिन्न बिंदुओं से आने वाली प्रकाश तरंगों के व्यतिकरण के कारण यह परिघटना हो पाती है। दो रेज़र ब्लेडों की तीक्ष्ण कोरों (किनारों) को एक-दूसरे के अत्यंत पास (उनका पृथक्करण प्रकाश की तरंग दैर्ध्य λ की कोटी का होना चाहिए) तथा एक दूसरे के समांतर रखे जाने पर एक संकीर्ण एकल झिरी बनती है (चित्र A 12.1)। एकल झिरी द्वारा बनने वाला विवर्तन पैटर्न के मध्य में एक दीप्त बैंड होता है जिसके दोनों ओर रंगीन बैंड (विद्युत बल्ब के साथ) तथा क्रमागत दीप्त एवं अदीप्त बैंड (लेज़र पेंसिल के साथ) होते हैं जिनकी तीव्रता तथा फ्रिंज चौड़ाई क्रमशः घटती जाती है।

कार्यविधि

1. रेज़र ब्लेडों का उपयोग करके एक संकीर्ण एकल झिरी बनाइए। इसके लिए काँच की एक प्लेट लीजिए और इसके ऊपर एक काला कागज़ लगाइए। काले कागज़ के बीच के भाग में एक संकीर्ण झिरी काटिए। इस झिरी के ऊपर चित्र A 12.1 में दर्शाए अनुसार दो रेज़र ब्लेडों को एक दूसरे के काफी समीप (पास-पास) रखिए।

2. रेजर ब्लेडों के तीक्ष्ण किनारों से बनी संकीर्ण झिरी के पीछे पारदर्शक काँच का सीधे तंतु वाला एक दीप्त विद्युत बल्ब (या एक लेज़र पेंसिल) पर्याप्त दूरी (4 से 8 m) पर रखिए। झिरी में से आप क्या प्रेक्षित करते हैं?

3. विकल्पत:, झिरी को दीवार से लगभग 0.5m की दूरी पर रखें तथा प्रकाश स्रोत को झिरी के पीछे लगभग 15-20 cm दूर रखें। दीवार पर गिरने वाले प्रकाश का प्रेक्षण करें।

4. चरण 2 तथा 3 के प्रेक्षणों को एक लेज़र पेंसिल से दोहराइए। प्रेक्षित किये गये परिवर्तनों को नोट करें।

परिणाम

अत्यंत संकीर्ण छिद्रों पर आपतित प्रकाश तरंगें कोनों के इर्द गिर्द मुड़ती हैं तथा विवर्तन की परिघटना को प्रदर्शित करती हैं।

परिचर्चा

1. विवर्तन फ्रिंजों की तीक्ष्णता मुख्य रूप से झिरी की संकीर्णता पर निर्भर करती है, जिसे रेज़र ब्लेडों को एक-दूसरे के अत्यंत समीप रख कर बनाया गया है।

2. पर्दे पर अधिक अच्छा प्रभाव प्राप्त करने के लिए सामान्य विद्युत बल्ब के बदले लेज़र पेंसिल से मिलने वाले एकवर्णी प्रकाश को वरीयता देनी चाहिए।

   सामान्य प्रकाश से (किसी विद्युत बल्ब से) अनेक फ्रिंजों को स्पष्टतया नहीं देखा जा सकता जबकि एकवर्णी स्रोत (लेज़र पेंसिल) से झिरी की पर्याप्त चौड़ाई में अधिक संख्या में स्पष्ट दीप्त एवं अदीप्त बैंड प्रेक्षित किये जाते हैं।

स्व-मूल्यांकन

1. दो रेज़र ब्लेडों को पास-पास इस प्रकार रखिए कि इनके समीप के तीक्ष्ण कोर (किनारे) समांतर तथा एक-दूसरे के अत्यंत समीप हों। जब इस प्रकार रखते हैं तो प्राय: दोनों कोर एक-दूसरे के समांतर नहीं होतीं। झिरी के जिस बिंदु/भाग में कोरों का पृथक्करण कम है आप उन स्थानों पर क्या अपेक्षा करते हैं- बैंड चौड़े हो जाएँगे और/अथवा पास-पास आ जाएँगे? क्या आप कुछ रंगीन बैंड प्राप्त करेंगे? अपने प्रेक्षणों की व्याख्या कीजिए।

   [**संकेत:** केंद्रीय बैंड को छोड़ कर अन्य सभी बैंडों की स्थिति तरंग दैर्ध्य पर निर्भर करती है तथा वे कुछ वर्ण (रंग) भी दर्शाएँगे। लाल या नीले के लिए फ़िल्टर का उपयोग बैंडों/फ्रिंजों को अधिक स्पष्ट बनाएगा। आप नीले फ़िल्टर की तुलना में लाल रंग के फ़िल्टर के प्रयोग से चौड़े बैंड/फ्रिंज आसानी से प्रेक्षित कर सकते हैं।]

2. जब झिरी की चौड़ाई तरंग दैर्ध्य (λ) की कोटि की होती है तो विवर्तन पैटर्न प्रेक्षित किया जाता है। यदि झिरी की चौड़ाई λ से कुछ गुणा है तो प्रेक्षित कीजिए कि क्या होता है? कारण की व्याख्या कीजिए ।

क्रियाकलाप 13

उद्देश्य

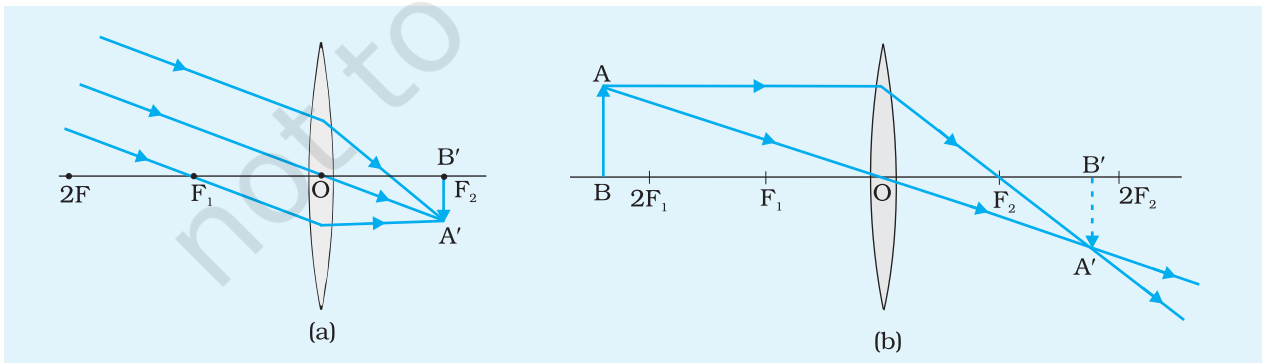
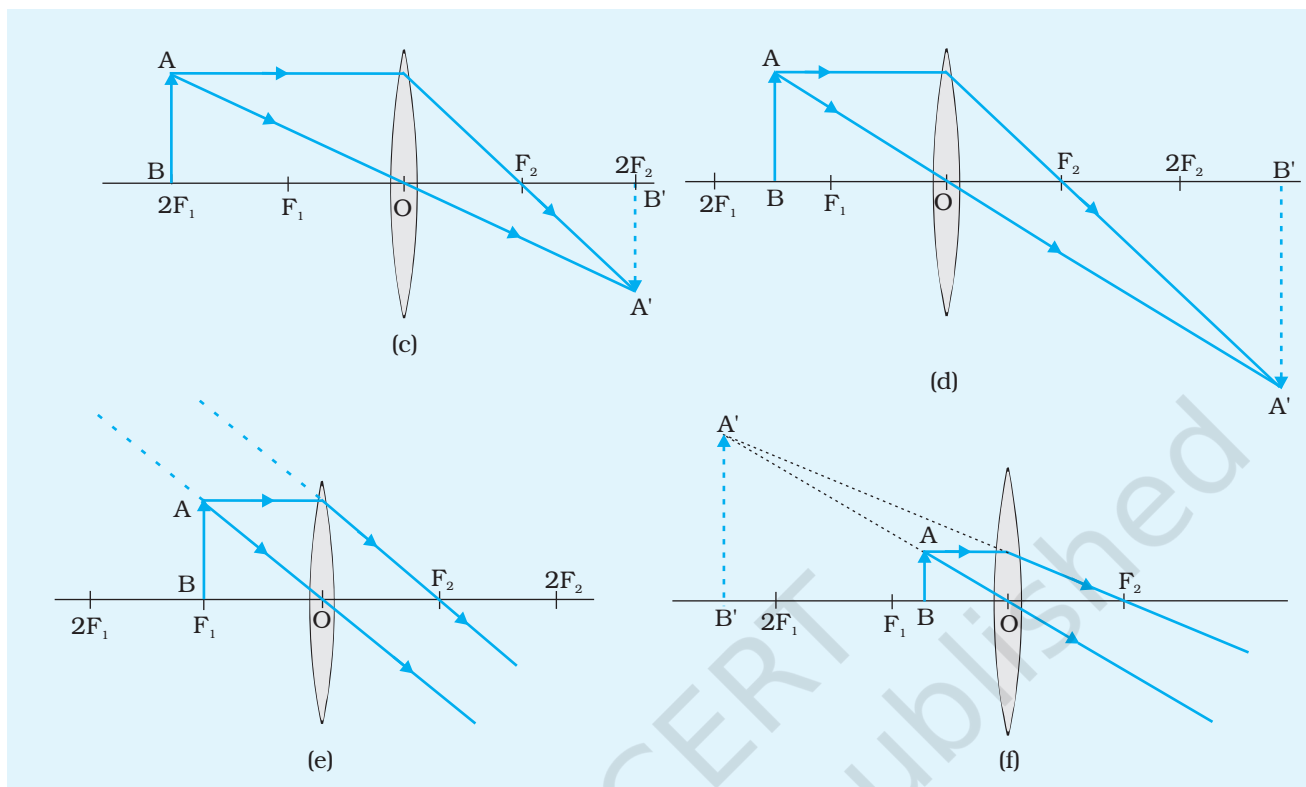
मोमबत्ती तथा परदे का उपयोग करके (i) उत्तल लेंस (ii) अवतल दर्पण द्वारा परदे पर बनाये गये प्रतिबिंब की प्रकृति तथा साइज़ का अध्ययन करना (लेंस/दर्पण से मोमबत्ती की विभिन्न दूरियों के लिए)

(i) उत्तल लेंस द्वारा बने प्रतिबिंब की प्रकृति तथा साइज़ का अध्ययन करना। (लेंस से मोमबत्ती की विभिन्न दूरियों के लिए)

उपकरण तथा आवश्यक सामग्री

मोमबत्ती, माचिस की डिब्बी, मोमबत्ती का एक छोटा स्टैंड, ज्ञात मोटाई तथा कम फ़ोकस दूरी का एक उत्तल लेंस, स्टैंड सहित एक पर्दा, मीटर स्केल।

सिद्धांत

पतले उत्तल लेंस द्वारा किसी बिंब के बने प्रतिबिंब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज़ बिंब की स्थिति के परिवर्तन के साथ परिवर्तित होती है, जैसा कि कुछ विशेष स्थितियों के लिए चित्र A 13 (i).1(a) से A 13 (i).1(f) में दर्शाया गया है। यह मान लिया गया है कि लेंस के दोनों गोलीय पृष्ठों की वक्रता त्रिज्या समान है।

(a) बिंब अनंत पर हैं अर्थात् $u = \infty$। वास्तविक, उल्टा तथा अत्यधिक छोटा प्रतिबिंब लेंस के दूसरे मुख्य फ़ोकस F_2 पर बनता है, अर्थात, $v = f$, (i) जब प्रकाश की आपतित किरणें मुख्य अक्ष के समांतर हैं तथा (ii) जब प्रकाश की आपतित किरणें मुख्य अक्ष

***चित्र A 13 (i). 1* (a), (b), (c), (d), (e), (f)** *बिंब AB की विभिन्न स्थितियों के लिए एक पतले उत्तल लेंस LL' द्वारा बनाए गए प्रतिबिंब A'B' की स्थिति, साइज़ तथा प्रकृति।*

के समांतर नहीं हैं तो प्रतिबिंब क्रमशः मुख्य अक्ष के फ़ोकस पर तथा फ़ोकस तल पर बनेगी।

(b) जब बिंब अनंत तथा $2F_1$ के बीच है, अर्थात्, $\infty > u > 2f$ तो वास्तविक, उल्टा तथा छोटा प्रतिबिंब लेंस के दूसरी ओर दूसरे मुख्य फ़ोकस F_2 तथा $2F_2$ के बीच बनेगा, अर्थात्, $2f > v > f$ होगा।

(c) जब बिंब $2F_1$ पर है, अर्थात् $u = 2f$ तो वास्तविक तथा उल्टा प्रतिबिंब भी $2F_2$ पर लेंस के दूसरी ओर बनता है, अर्थात्, $v = 2f$ होगा। प्रतिबिंब का साइज़ बिंब के साइज़ के समान है।

(d) जब बिंब पहले मुख्य फ़ोकस F_1 तथा $2F_1$ के बीच है, अर्थात् $2f > u > f$ तो लेंस के दूसरी ओर अनंत तथा $2F_2$ के बीच वास्तविक, उल्टा तथा विवर्धित (बड़ा) प्रतिबिंब बनता है, अर्थात् $2f < v < \infty$ होगा।

(e) जब बिंब पहले मुख्य फ़ोकस पर है, अर्थात्, $u = f$ तो लेंस के दूसरी ओर अनंत पर वास्तविक, उल्टा तथा अत्यधिक विवर्धित (असीमित रूप से बड़ा) प्रतिबिंब बनता है, अर्थात्, $v = \infty$ होगा।

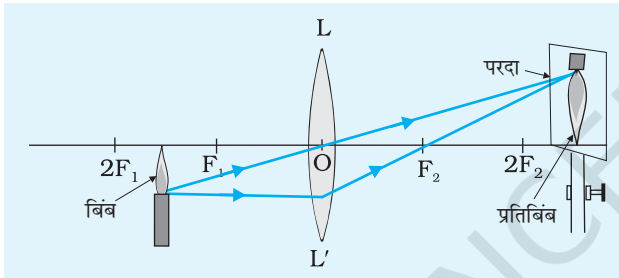
24/04/2018

(f) जब बिंब लेंस के मुख्य फोकस तथा इसके प्रकाशिक केंद्र O के बीच है, अर्थात्, $f > u > 0$ तो विवर्धित (बड़ा) आभासी तथा सीधा प्रतिबिंब बिंब की ओर ही बनता है।

कार्यविधि

1. किसी दूरस्थ बिंब के प्रतिबिंब को फोकसित करके उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। इसे सूर्य या किसी पेड़ के तीक्ष्ण प्रतिबिंब को लेंस के दूसरी ओर किसी समतल दीवार पर बना कर तथा लेंस और दीवार के बीच की दूरी को स्केल से मापकर ज्ञात किया जा सकता है। यह दूरी उत्तल लेंस की फोकस दूरी f का सन्निकट मान होगा।

   टिप्पणी: सूर्य को लेंस के द्वारा नहीं देखिए, क्योंकि इससे आपकी आँखें खराब हो सकती हैं।

2. एक मीटर स्केल को मेज़ के किनारे (लंबाई में) के अनुदिश सेलोटेप या क्लैंप से जड़िए।

चित्र A 13 (i). 2 *पतले उत्तल लेंस द्वारा जलती मोमबत्ती का वास्तविक प्रतिबिंब*

3. लेंस LL' को लेंस स्टैंड में लगाइए तथा इसको मीटर स्केल के लगभग बीच में उर्ध्वाधरत: इस प्रकार रखिए कि इसकी मुख्य अक्ष क्षैतिज तथा मीटर स्केल के सामांतर रहे। इस स्थिति में लेंस मेज़ के लंबवत् तल में रहेगा।

4. मोमबत्ती के एक छोटे स्टैंड पर ऊर्ध्वाधरत: एक जलती हुई मोमबत्ती लगाइए। मोमबत्ती के इस स्टैंड को लेंस के बायीं ओर रखिए। इसके "अपराइट" (ऊर्ध्वाधर खड़े भाग) को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि जलती हुई मोमबत्ती का सिरा लेंस के मुख्य अक्ष पर रहे। इस स्थिति में जलती हुई मोमबत्ती की लौ की नोंक की ऊँचाई लेंस के प्रकाशिक केंद्र की ऊँचाई के बराबर हो जाती है।

5. मोमबत्ती के स्टैंड को (लेंस के बायीं ओर) $2F_1$ से थोड़ी दूर किसी बिंदु पर खिसकाइए (अर्थात्, बिंदु O से $2f$ से थोड़ी अधिक दूरी पर; जहाँ f चरण 1 में ज्ञात की गयी लेंस की फ़ोकस दूरी है)। चित्र A 13 (i).1(b) के अनुसार मोमबत्ती का प्रतिबिंब, लेंस के दायीं हाथ की ओर दूसरे मुख्य फोकस F_2 से पास बनेगा।

6. ऊर्ध्वाधर आरोपित परदे को लेंस के दायीं हाथ की ओर रखिए। चित्र A 13 (i)-2 में दर्शाए अनुसार इसकी ऊँचाई को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि इसका अधिकांश भाग लेंस के मुख्य अक्ष के ऊपर रहे।

7. प्रकाशीय बेंच की भाँति कार्य कर रहे मीटर स्केल पर, परदे की स्थिति को लेंस के दायें हाथ की ओर दूसरे मुख्य फोकस F_2 के समीप स्थानांतरित कीजिए।

8. परदे पर जलती मोमबत्ती का तीक्ष्ण प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए अंतिम समायोजन कीजिए। प्रतिबिंब की प्रकृति नोट कीजिए।

9. एक छोटी समतल दर्पण की पट्टी जिस पर ग्राफ़ पेपर की एक पट्टी चिपकी हो, का उपयोग करके जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई मापिए। परदे पर बने ज्वाला के प्रतिबिंब की ऊँचाई भी मापिए। इसके लिए परदे पर एक छोटा ग्राफ़ पेपर चिपकाइए। विकल्पत: परदे पर एक सफ़ेद कागज़ लगाइए तथा प्रतिबिंब के शीर्ष तथा तली पर चिह्न लगाइए तथा मीटर स्केल का उपयोग करके प्रतिबिंब की ऊँचाई ज्ञात कीजिए।

10. जलती मोमबत्ती को लेंस की ओर अल्प दूरी पर (माना 5 cm या 3 cm) खिसकाइए। चरण (8) तथा (9) को दोहराइए तथा अपने प्रेक्षणों को अंकित कीजिए। इस प्रकार प्रेक्षणों के कम से कम छ: समुच्चय लीजिए।

प्रेक्षण

उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी = ... cm

तालिका A 13 (i) 1 : बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए प्रतिबिंब की प्रकृति, साईज़ और स्थिति

क्रम संख्या	लेंस की स्थिति (सेमी)	मोमबत्ती की स्थिति (सेमी)	ज्वाला का साइज़ (सेमी)	परदे पर प्रतिबिंब की स्थिति (सेमी)	प्रतिबिंब का साइज़ (सेमी)	प्रतिबिंब की प्रकृति (सेमी)	प्रतिबिंब का आपेक्षिक साइज़ (सेमी)
1							
2							
..							
6							

परिणाम

1. जब बिंब लेंस के फ़ोकस की ओर गति करता है तो प्रतिबिंब का साइज़ बढ़ता जाता है और यह फ़ोकस से दूर गति करता है। इन सभी स्थितियों में प्रतिबिंब वास्तविक तथा उल्टा तथा लेंस के दूसरी ओर बनता है।

2. जब बिंब लेंस के अत्यंत समीप लाया जाता है तो लेंस के दूसरी ओर प्रतिबिंब दिखायी नहीं देता।

3. जब बिंब लेंस की फ़ोकस दूरी से कम दूरी पर रखा जाता है, तो उसका प्रतिबिंब काल्पनिक, विवर्धित तथा सीधा बनेगा। यह लेंस के उसी ओर बनेगा जिस ओर बिंब रखा है।

सावधानियाँ

1. इस प्रयोग को छाया वाले स्थान पर करना चाहिए, जहाँ सीधा प्रकाश न पहुँचता हो (अधिमानत: अंधेरे कमरे में) अन्यथा हो सकता है कि प्रतिबिंब स्पष्टतया दिखाई न दे।
2. सूर्य को फ़ोकसित करके लेंस की सन्निकट फ़ोकस दूरी का आकलन करते समय प्रतिबिंब को सीधे नहीं देखिए क्योंकि इससे आपकी आँखें खराब हो सकती हैं।
3. प्रकाशीय घटकों को वहन करने वाले अपराइटस् (ऊर्ध्वाधर खड़े भाग) दृढ़ होने चाहिए तथा ऊर्ध्वाधरत: रखे जाने चाहिए।
4. लेंस का द्वारक छोटा होना चाहिए वरना बनने वाले प्रतिबिंब स्पष्ट नहीं होंगे।
5. परदे पर बनने वाले प्रतिबिंब से आँख को 25 cm से अधिक दूरी पर रखना चाहिए।

परिचर्चा

1. यदि बिंब को लेंस के प्रकाशिक केंद्र तथा फ़ोकस के बीच में रखा जाता है तो प्रतिबिंब की प्रकृति आभासी होगी और इस प्रतिबिंब को आप परदे पर प्राप्त नहीं कर पाएँगे। इसका किरण आरेख खींचिए।
2. जब मोमबत्ती को फ़ोकस के समीप रखते हैं तो प्रतिबिंब अनंत पर बनता है। यह मेज के साइज़ से परे जा सकता है।

स्व-मूल्यांकन

1. जब आप मेज के दूसरे किनारे से लेंस की ओर आते हैं तो लेंस द्वारा बनाये गये आपके प्रतिबिंब का साइज़ कैसे बदलता है?
2. बिंब का आभासी तथा सीधा प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए बिंब को कहाँ रखना चाहिए?
3. प्रतिबिंब को लेंस के उसी ओर प्राप्त करने के लिए जिस ओर बिंब रखा है, बिंब की स्थिति क्या होनी चाहिए?
4. जब आप लेंस के मुख्य अक्ष के अनुदिश अनंत से इसके फ़ोकस तक आते हैं तो उत्तल लेंस द्वारा बनाये गये प्रतिबिंब की स्थिति कैसे बदलती है?
5. लेंस द्वारा बिंब के समान साइज़ का वास्तविक प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए बिंब की स्थिति क्या होनी चाहिए?

उद्देश्य

(ii) मोमबत्ती तथा परदे का उपयोग करके अवतल दर्पण द्वारा परदे पर बनाये गये प्रतिबिंब की प्रकृति तथा साइज़ का अध्ययन करना (दर्पण से मोमबत्ती की विभिन्न स्थितियों/दूरियों के लिए)।

उपकरण तथा आवश्यक सामग्री

एक प्रकाशीय बेंच, मोमबत्ती, माचिस की डिब्बी, मोमबत्ती का एक छोटा स्टैंड, लगभग 25 cm फ़ोकस दूरी का अवतल दर्पण, एक परदा, तीन अपराइट (ऊर्ध्वाधर खड़े भाग क्लैंप के साथ), मीटर स्केल, चिपकने वाली टेप तथा स्पिरिट लेविल।

सिद्धांत

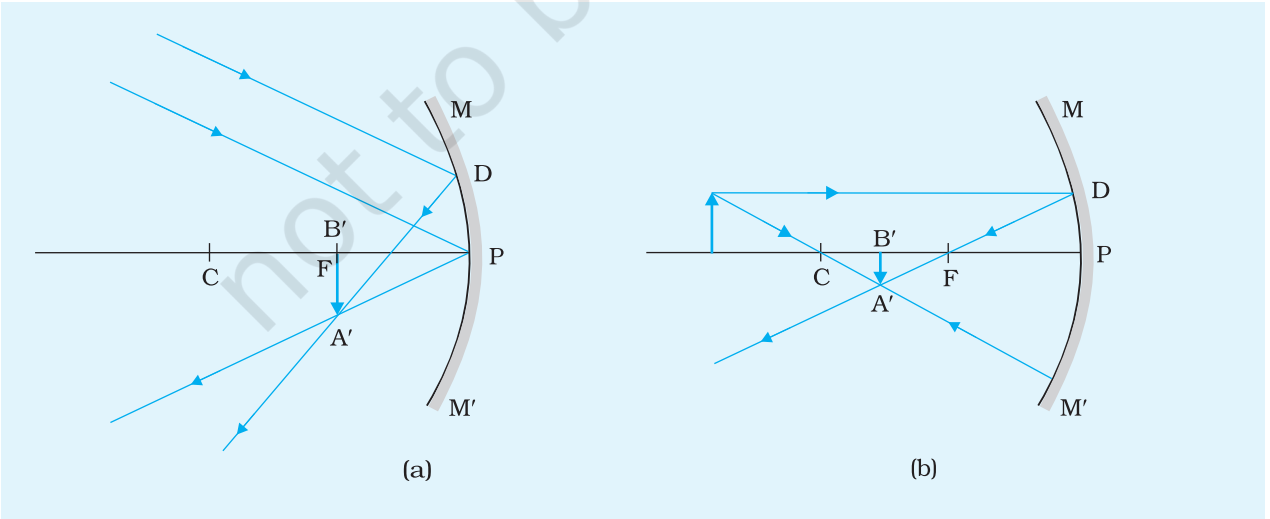
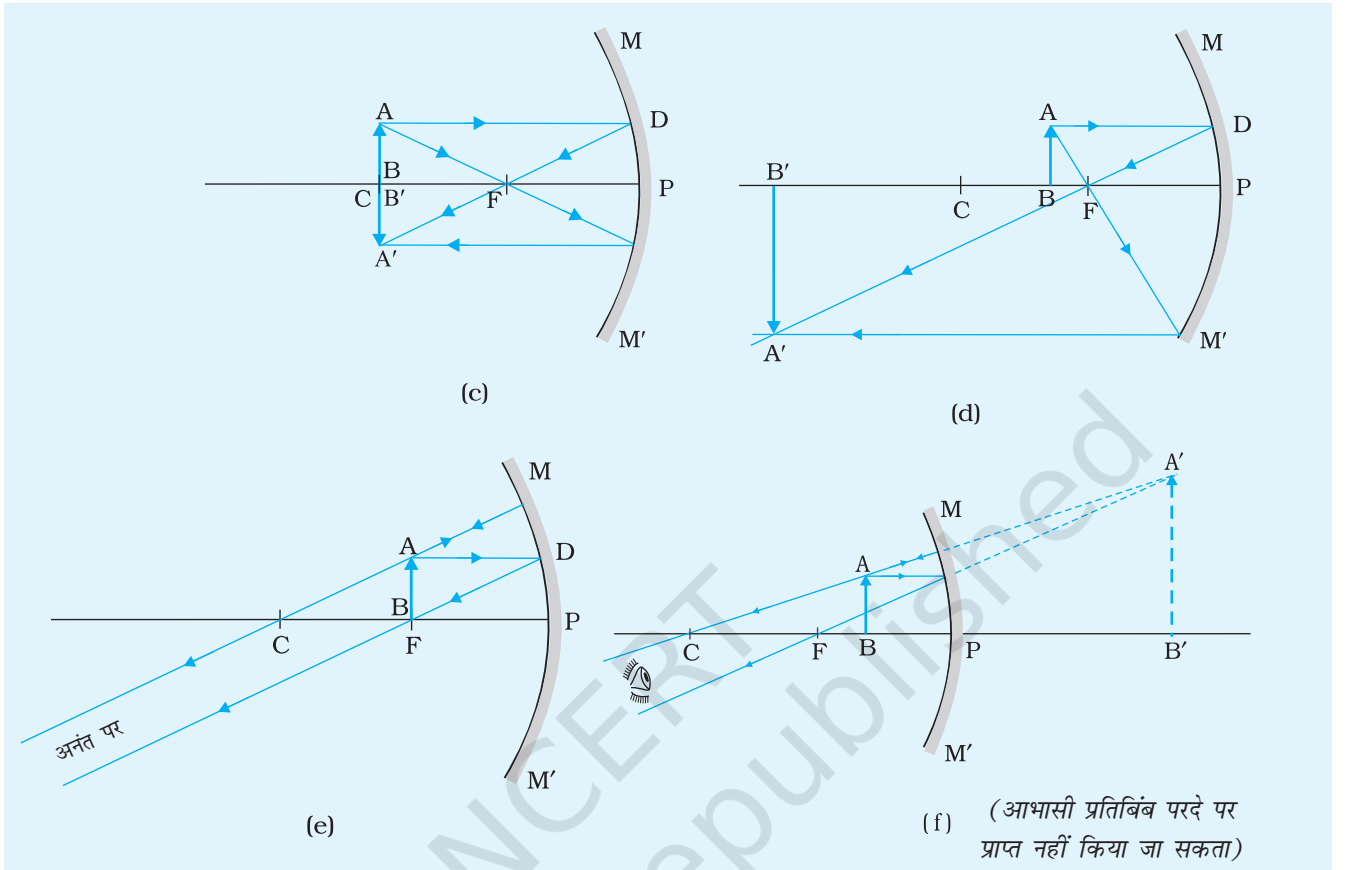
अवतल दर्पण द्वारा किसी बिंब के बनाये गये प्रतिबिंब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज़ बिंब की स्थिति के साथ परिवर्तित होती है। चित्र A 13(ii).1 (a) से (f) विभिन्न स्थितियों में दर्पण के सामने विभिन्न स्थानों पर रखे बिंब के प्रतिबिंब बनने को दर्शाते हैं।

(a) जब बिंब अनंत पर है, अर्थात् $u = \infty$ तो मुख्य फ़ोकस पर वास्तविक, उल्टा तथा अत्यधिक छोटा प्रतिबिंब बनता है, अर्थात् $v = f$ होगा।

(b) जब बिंब अनंत तथा वक्रता केंद्र के बीच है, अर्थात्, $\infty > u > 2f$ तो वक्रता केंद्र C तथा मुख्य फ़ोकस F के बीच वास्तविक, उल्टा तथा छोटा प्रतिबिंब बनता है, अर्थात्, $f < v < 2f$ होगा।

(c) जब बिब वक्रता केंद्र पर है, अर्थात्, $u = 2f$ से वक्रता केंद्र पर एक वास्तविक तथा उल्टा प्रतिबिंब बनता है, अर्थात्, $v = 2f$ होगा। प्रतिबिंब का साइज़ बिंब के साइज़ के समान है।

(d) जब बिंब वक्रता केंद्र तथा मुख्य फ़ोकस के बीच है, अर्थात्, $2f > u > f$ तो अनंत तथा वक्रता केंद्र C के बीच वास्तविक, उल्टा तथा विवर्धित (बड़ा) प्रतिबिंब बनता है, अर्थात्, $2f < v < \infty$ है।

(e) जब बिंब मुख्य फ़ोकस F पर है, अर्थात्, $u = f$ तो अनंत पर अत्यधिक विवर्धित, वास्तविक तथा उल्टा प्रतिबिंब बनता है, अर्थात् $v = \infty$ है।

चित्र A 13 (ii).1 (a),(b),(c),(d),(e),(f) *अवतल दर्पण द्वारा बनने वाले प्रतिबिंब*

(f) जब बिंब दर्पण के ध्रुव P तथा मुख्य फ़ोकस F के बीच है, अर्थात्, $f > u > 0$ तो दर्पण के पीछे विवर्धित (बड़ा) आभासी तथा सीधा प्रतिबिंब बनता है।

एक वास्तविक प्रतिबिंब (सदैव उल्टा) वह है जिससे अवतल दर्पण से परावर्तन के पश्चात् प्रकाश की किरणें वास्तव में गुज़रती हैं तथा जिसे परदे पर बनाया जा सकता है। आभासी प्रतिबिंब (सदैव सीधा) वह है जिससे किरणें वास्तव में नहीं गुज़रती, यद्यपि ये इससे आती हुई प्रतीत होती हैं। इस प्रकार चित्र A 13 (ii).1 (a) से 1(d) में दर्शायी गयी स्थितियों के लिए किसी बिंब (उदाहरणार्थ एक जलती हुई मोमबत्ती) के बने हुए प्रतिबिंब परदे पर फोकसित किये जा सकते हैं। प्रतिबिंब का साइज़ परदे पर लगे एक ग्राफ़ पेपर का उपयोग करके ज्ञात किया जा सकता है।

कार्यविधि

1. किसी दूरस्थ बिंब के प्रतिबिंब को फ़ोकसित करके अवतल दर्पण की सन्निकट फ़ोकस दूरी ज्ञात कीजिए। इसे सूर्य या किसी पेड़ के तीक्ष्ण प्रतिबिंब को किसी समतल दीवार या कागज़ की शीट पर प्राप्त करके तथा दर्पण और प्रतिबिंब के बीच की दूरी को स्केल से

माप कर ज्ञात किया जा सकता है। यह दूरी अवतल दर्पण की फ़ोकस दूरी f का सन्निकट मान है। इस फ़ोकस दूरी का दोगुना दर्पण के वक्रता त्रिज्या का सन्निकट मान है।

2. प्रकाशीय बेंच को एक दृढ़ प्लेटफार्म पर रखिए तथा स्पिरिट लेवल का प्रयोग करके तथा बेंच के आधार पर लगाये गये क्षैतिजकारी पेंच की सहायता से इसे क्षैतिज कीजिए।

3. एक अपराइट पर अवतल दर्पण को क्लैंप कीजिए तथा इसे प्रकाशीय बेंच के एक सिरे के पास इस तरह स्थिर कीजिए कि इसका मुख्य अक्ष क्षैजित तथा प्रकाशीय बेंच के समांतर हो। इस स्थिति में दर्पण अपनी मुख्य अक्ष के लंबवत् तल में स्थित होगा।

4. एक छोटे मोमबत्ती-स्टैंड पर एक जलती हुई मोमबत्ती को ऊर्ध्वाधरत: आरोपित कीजिए तथा इसे एक अपराइट पर स्थिर कीजिए। इस अपराइट को दर्पण के परावर्तक पृष्ठ के समीप रखिए। अपराइट को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि मोमबत्ती के निचले भाग की ऊँचाई (या मोमबत्ती स्टैंड का शीर्ष) प्रकाशीय बेंच के आधार से दर्पण के ध्रुव P की ऊँचाई के बराबर हो जाए। इस स्थिति में मोमबत्ती का निचला भाग (या मोमबत्ती स्टैंड का शीर्ष) दर्पण के मुख्य अक्ष पर स्थित होगा।

5. एक अन्य अपराइट पर परदा आरोपित कीजिए तथा इसके शीर्ष की ऊँचाई को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि यह प्रकाशीय बेंच के आधार से ध्रुव P की ऊँचाई के बराबर हो जाए। इस प्रकार परदे की स्थिति दर्पण के मुख्य अक्ष के नीचे स्थित है।

   नोट: जिस स्थिति में $\infty > u > R; R > v > f$ है, बिंब को मुख्य अक्ष के ऊपर रखते हैं तथा परदे को मुख्य अक्ष के नीचे रखते हैं, जैसा कि चित्र A 13(ii).2(a) में दर्शाया गया है।

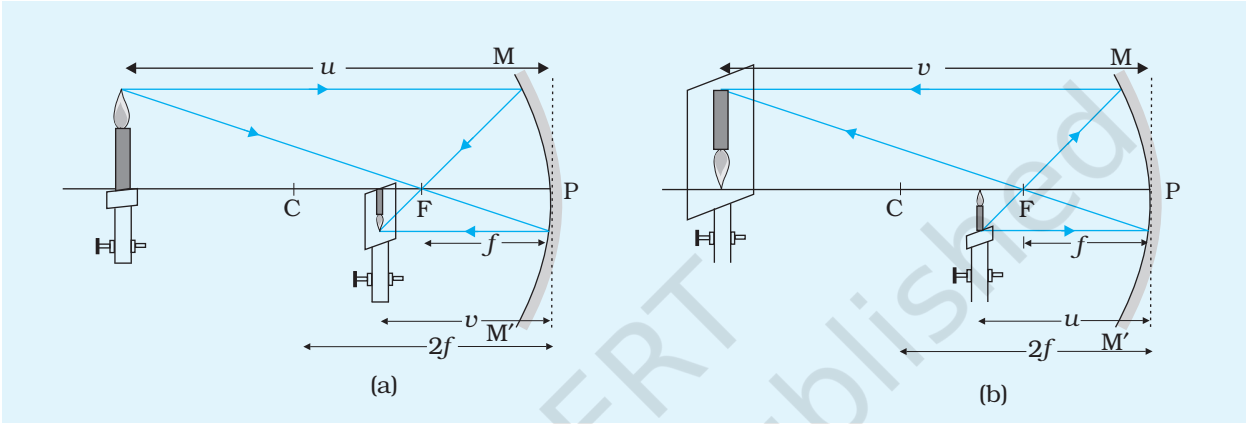
6. मोमबत्ती के अपराइट को प्रकाशीय बेंच के दूसरे सिरे पर खिसकाइए जिससे कि दर्पण से मोमबत्ती की दूरी अवतल दर्पण की फोकस दूरी से बहुत अधिक हो। अत: दर्पण के सामने मोमबत्ती की स्थिति को दूरस्थ माना जा सकता है, अर्थात्, $u >> R$, तथा मोमबत्ती का प्रतिबिंब दर्पण के मुख्य फ़ोकस F के अत्यंत समीप बनेगा [चित्र A13(ii).1(a)] अथवा $v = f$ है ।

7. प्रकाशीय बेंच के मीटर स्केल पर दर्पण, परदे तथा मोमबत्ती के अपराइटों की स्थिति को पढ़िए तथा इन मापों को प्रेक्षण तालिका में अंकित कीजिए।

8. मीटर स्केल की सहायता से जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई मापिए। परदे पर बने प्रतिबिंब की ऊँचाई को भी मापिए, जैसा कि आपने क्रियाकलाप 13(i) के चरण 9 में किया है।

9. जलती हुई मोमबती को वक्रता केंद्र C के पास (दूरी $PC = 2f$) लाइए। अब प्रतिबिंब बिंदु C तथा F के बीच $2f$ के निकट बनेगा। सुस्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए परदे की स्थिति को समायोजित कीजिए [चित्र A 13(ii).1(b)]।

10. मोमबत्ती को C पर रखिए। प्रकाशीय-बेंच पर परदे की स्थिति को मुख्य f के निकट स्थानांतरित कीजिए। चरण 1 में ज्ञात किये गये दर्पण की फ़ोकस दूरी f के सन्निकट आकलित मान का उपयोग करें। परदे पर जलती हुई मोमबत्ती का सुस्पष्ट प्रतिबिंब प्राप्त करने के लिए अंतिम समायोजनों को कीजिए। प्रतिबिंब की प्रकृति को नोट कीजिए।

11. चरण 7 तथा 8 को दोहराइए तथा अपने प्रेक्षणों को नोट कीजिए। बने प्रतिबिंब की प्रकृति भी नोट कीजिए।

चित्र A 13 (ii). 2 अवतल दर्पण द्वारा बने जलती मोमबत्ती के प्रतिबिंब (a) $u > v$; तथा (b) $u < v$।

12. जलती हुई मोमबत्ती को इस प्रकार स्थानांतरित कीजिए कि स्थिति $R > u > f$ प्राप्त हो जाए। अब प्रतिबिंब अनंत तथा बिंदु C के बीच बनेगा, अर्थात $\infty > v > R$ [चित्र A 13 (ii).1(d)]। अब क्योंकि $u < v$, मोमबत्ती (बिंब) को मुख्य अक्ष के नीचे रखा गया है तथा परदे को मुख्य अक्ष के ऊपर रखा गया है अर्थात् मोमबत्ती का सिरा तथा परदे का निचला भाग दर्पण के मुख्य अक्ष पर स्थित है, जैसा कि चित्र A 13 (ii).2(b) में दर्शाया गया है।

13. मोमबती के F और फिर F व P के बीच रखकर उपरोक्त चरणों को दोहराइए। अपने प्रेक्षण को तालिका A 13 (ii).1 में लिखिए।

नोट: जब मोमबत्ती को वक्रता केंद्र C (अर्थात्, $u = R$) पर रखा जाता है तो हो सकता है कि प्रतिबिंब की स्थिति निर्धारण के लिए यह विधि लाभप्रद नहीं हो, क्योंकि प्रकाशीय बेंच पर परदे तथा मोमबत्ती दोनों को एक स्थान पर रखना कठिन होगा।

प्रेक्षण

अवतल दर्पण की सन्निकट फ़ोकस दूरी = ... cm

तालिका A 13 (ii) 1: बिंब की विभिन्न स्थितियों के लिए प्रतिबिंब की प्रकृति, साइज़ तथा स्थिति

क्रम संख्या	दर्पण की स्थिति (सेमी)	मोमबत्ती की स्थिति (सेमी)	ज्वाला का साइज़ (सेमी)	परदे पर प्रतिबिंब की स्थिति (सेमी)	प्रतिबिंब का साइज़ (सेमी)	प्रतिबिंब की प्रकृति (सेमी)	प्रतिबिंब का आपेक्षिक साइज़ (सेमी)
1							
2							
..							
6							

परिणाम

प्रतिबिंब की प्रकृति साइज़ तथा स्थिति के प्रेक्षण दर्शाते हैं कि

1. जब बिंब को फ़ोकस की ओर लाते हैं तो प्रतिबिंब फ़ोकस से दूर हटता जाता है।
2. जैसे-जैसे प्रतिबिंब दर्पण से दूर जाता है इसका साइज़ बढता जाता है।
3. यदि बिंब को अनंत तथा F के बीच रखते हैं तो अवतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब उल्टा तथा वास्तविक होता है।
4. यदि बिंब को दर्पण के ध्रुव तथा F के बीच रखते हैं तो प्रतिबिंब दर्पण के पीछे बनता है तथा यह आभासी, सीधा तथा विवर्धित (बड़ा) होता है।

सावधानियाँ

1. इस प्रयोग को छाया वाले स्थान में करना चाहिए जहाँ कोई भी प्रकाश सीधा न पहुँचे (अधिमानत: अंधेरे कमरे में) अन्यथा हो सकता है कि प्रतिबिंब स्पष्ट दिखायी न दे।
2. सूर्य को फ़ोकसित करके दर्पण की सन्निकट फ़ोकस दूरी f के मान का आकलन करते समय सूर्य को दर्पण में सीधे मत देखिए क्योंकि इससे आपकी आँखें खराब हो सकती हैं।
3. प्रकाशीय घटकों को धारण करने वाले अपराइट दृढ़ होने चाहिए तथा उनको ऊर्ध्वाधारत: आरोपित करना चाहिए।
4. दर्पण का द्वारक छोटा होना चाहिए अन्यथा बनने वाला प्रतिबिंब स्पष्ट नहीं होगा।
5. परदे पर बनने वाले प्रतिबिंब से आँख को 25 cm से अधिक दूरी पर रखना चाहिए।
6. यदि प्रकाशीय-बेंच का शीर्ष क्षैतिज नहीं है तो प्रेक्षणों में त्रुटि आ सकती है।

7. प्रकाशीय-बेंच के सभी प्रयोगों में दिये गये सामान्य निर्देशों का पालन करना चाहिए।

8. अवतल दर्पण अग्र-लेपित होना चाहिए। अन्यथा दर्पण के परावर्तक पृष्ठ से होने वाले बहु-परावर्तनों के कारण प्रतिबिंब की यथार्थ स्थिति जानने में भ्रम होगा।

परिचर्चा

1. जब बिंब दर्पण के ध्रुव तथा फ़ोकस के बीच रखा जाता है तो आप प्रतिबिंब के अभिलक्षणों को ठीक-ठीक प्रेक्षित नहीं कर सकते। आप केवल परदे को इसके सामने खिसकाकर यह देख सकते हैं कि प्रतिबिंब दर्पण के सामने नहीं बन रहा है। किरण आरेख से यह देखा जा सकता है कि आभासी प्रतिबिंब दर्पण के पीछे बना है।

2. $u=\infty$ तथा $u=f$ के संगत निष्कर्षों को किरण आरेखों को प्रेक्षित करके प्रकाश में लाया जाता है, क्योंकि बिंब तथा प्रतिबिंब (क्रमश:) प्रकाशीय बेंच के परिसर से बाहर होते हैं।

3. $u=2f$ के संगत स्थिति को निर्धारित करना भी कठिन हो सकता है क्योंकि आपको मोमबत्ती तथा परदे को एक ही स्थान पर रखना है।

स्व-मूल्यांकन

1. अवतल दर्पण की फ़ोकस दूरी 20 cm है तो इसकी वक्रता त्रिज्या कितनी होगी?

2. जब किसी बिंब को अवतल दर्पण के सामने 30 cm की दूरी पर रखा जाता है तो समान साइज़ का प्रतिबिंब बनता है। दर्पण की फ़ोकस दूरी कितनी होगी?

3. एक अवतल दर्पण की फ़ोकस दूरी 30 cm है। जब दर्पण के सामने बिंब को 40 cm की दूरी पर रखा जाता है तो बनने वाले प्रतिबिंब की विशिष्टताओं को बताइए।

4. यदि किसी अवतल दर्पण के नीचे के आधे भाग को काला पोत दिया जाये तो प्रतिबिंब के साइज़ तथा तीव्रता पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

5. क्या आभासी प्रतिबिंब को परदे पर प्राप्त करना संभव है? यदि ऐसा है, तो किस प्रकार?

6. लेंसों का उपयोग करके इसी प्रकार प्रयोग करने पर प्रतिबिंब इस प्रयोग से भिन्न कुछ रंगीन दिखायी देते हैं। इसका क्या कारण है?

सुझाये गये अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

एक समतल दर्पण तथा एक एकल पिन का उपयोग कर दिये गये उत्तल लेंस की फ़ोकस दूरी ज्ञात कीजिए।

क्रियाकलाप 14

उद्देश्य

लेंसों के दिये गये समुच्चय से दो लेंसों का उपयोग करके विशिष्ट फ़ोकस दूरी का लेंसों का संयोजन प्राप्त करना।

उपकरण तथा आवश्यक सामग्री

ज्ञात क्षमताओं के उत्तल लेंसों का एक समुच्चय, अपराइटों तथा परदे सहित एक प्रकाशीय बेंच, प्रकाश का समांतर किरण पुंज प्रदान करने वाला एक प्रकाश स्रोत (समांतरित्र)।

सिद्धांत

मुख्य अक्ष के समांतर प्रकाश का एक समांतर किरण पुंज लेंस से अपवर्तन के पश्चात् मुख्य अक्ष पर या तो एक बिंदु पर फ़ोकस होता है या किसी एक बिंदु से अपसरित होती प्रतीत होता है। इस बिंदु को फ़ोकस बिंदु कहते हैं। प्रकाशिक केंद्र से फ़ोकस बिंदु की दूरी को फ़ोकस दूरी कहते हैं।

चित्र A 14.1 (a) लेंसों के संयोजन की फ़ोकस दूरी

लेंस की क्षमता

किसी लेंस की क्षमता उस पर पड़ने वाली प्रकाश की किरणों को अभिसरित अथवा अपसरित करने की योग्यता को कहते हैं।

$$\text{क्षमता} = \frac{1}{\text{फोकस दूरी}\,(f)}$$

इसका SI मात्रक डाइऑप्टर (Dioptre) है। उत्तल लेंस की क्षमता धनात्मक ली जाती है। संपर्क में रखे दो या अधिक लेंस जिनका मुख्य अक्ष उभयनिष्ठ होता है, लेंसों का संयोजन बनाते हैं। यदि $f_1, f_2, \ldots f_n$ पृथक-पृथक लेंसों की फोकस दूरी हैं तथा F संयोजन की फ़ोकस दूरी है तो

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}+\ldots+\frac{1}{f_n}$$ अथवा

$P = P_1 + P_2 + \ldots + P_n$, जहाँ P लेंसों के संयोजन की क्षमता है तथा P_1, P_2, ... P_n पृथक-पृथक लेंसों की क्षमताएँ हैं [चित्र A 14.1(a)]।

कार्यविधि

1. अपेक्षित फ़ोकस दूरी के संगत दो लेंसों के संयोजन की क्षमता परिकलित कीजिए।
2. दिये गये लेंसों के समुच्चय से एक लेंस छाँटिए जिसकी क्षमता तैयार किये जाने वाले लेसों के संयोजन की क्षमता से कम हो (यदि केवल उत्तल लेंस ही दिये गये हैं)।
3. वांछित फ़ोकस दूरी के लेंसों का संयोजन प्राप्त करने के लिए ज्ञात फ़ोकस दूरी के लेंस के संपर्क में रखे जाने वाले अज्ञात लेंस की क्षमता परिकलित कीजिए। दिये गये लेंसों के समुच्चय से एक ऐसा लेंस छाँटिए जिसकी क्षमता परिकलित क्षमता के निकट हो।
4. एक प्रकाशीय बेंच को क्षैतिज मेज़ पर व्यवस्थित (सेट-अप) कीजिए। समांतरित्र को प्रकाशीय बेंच के अनुदिश प्रकाश का समांतर किरण पुंज भेजने के लिए समायोजित कीजिए। यदि समांतरित्र उपलब्ध नहीं है तो प्रकाशीय बेंच के अनुदिश सूर्य का प्रकाश भेजने के लिए एक समतल दर्पण का उपयोग कर सकते हैं [चित्र A 14.1(b)] तथा इससे एक झिरी को प्रकाशित कर सकते हैं।

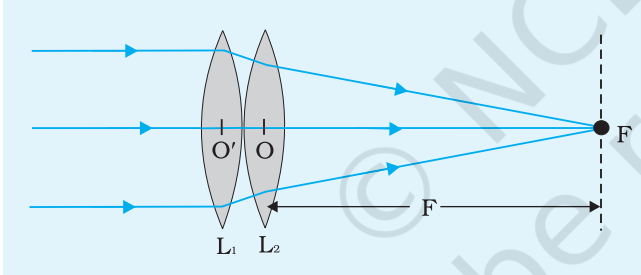



Fig. A 14.1 (b) लेंसो के सयोंजन पर समांतर किरण पुज को फ़ोकस करना

5. दोनों लेंसों को अपराइटों पर इस प्रकार रखें कि वे एक-दूसरे के संपर्क में रहें। इसके लिए एक ऐसा अपराइट उपयोग किया जा सकता है जिसमें दो लेंसों को संपर्क में रख कर लगाया ला सके या थर्माकोल शीट में लेंसों को लगाने के लिए खाँचें बनाकर काम चलाऊ स्टेंड बनाया जा सकता है।
6. लेंसों के संयोजन पर प्रकाश का समांतर किरण पुंज डालिए तथा दूसरी ओर रखे परदे पर प्रकाश स्रोत का सुस्पष्ट फ़ोकसित प्रतिबिंब प्राप्त कीजिए। इसे लेंसों के संयोजन तथा परदे के बीच की दूरी का समायोजित करके किया जा सकता है।
7. दोनों लेंसों से परदे की दूरी को मापिए तथा इसे एक तालिका में अंकित कीजिए।
8. प्रकाशीय बेंच पर लेंस संयोजन की स्थिति बदलकर इस क्रियाकलाप को कम से कम तीन बार दोहराइए। प्रत्येक दशा में अपने प्रेक्षणों को अंकित कीजिए।

प्रेक्षण

लेंस L_1 की फ़ोकस दूरी = f_1

लेंस L_2 की फ़ोकस दूरी = f_2

लेंस संयोजन की परिकलित फ़ोकस दूरी $\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$

प्रकाशीय बेंच के स्केल का अल्पतमांक = ... mm

तालिका A14.1: लेंस के सयोंजन की फ़ोकस दूरी

क्रम संख्या	पहले लेंस की परदे से दूरी d_1 (cm)	दूसरे लेंस की परदे से दूरी d_2 (cm)	लेंस सयोंजन से परदे की औसत दूरी $\frac{d_1+d_2}{2}=F$ (cm)
1			
2			
3			

परिकलन

लेंस संयोजन से परदे की औसत दूरी इसकी फ़ोकस दूरी की माप है। सभी मापों के औसत को प्रयोग द्वारा ज्ञात की गयी संयोजन की फ़ोकस दूरी ली जानी चाहिए।

परिणाम

लेंसों के संयोजन की मापित फ़ोकस दूरी का मान = ... cm

मापित फ़ोकस दूरी और परिकलित फ़ोकस दूरी का अंतर = ... cm

दोनों में अंतर प्रायोगिक त्रुटि के कारण हो सकता है।

त्रुटि के स्रोत

1. लेंसों की मोटाई त्रुटि का कारण बन सकती है।
2. लेंसों का परिधीय क्षेत्र संपर्क में नहीं हैं।
3. लेंसों का गोलीय विपथन सुस्पष्ट प्रतिबिंब की स्थिति अर्थात् यथार्थ फोकस दूरी निर्धारित करने में त्रुटि का कारण बन सकता है।

परिचर्चा

1. एक टॉर्च के बल्ब को ज्ञात फ़ोकस दूरी वाले उत्तल लेंस के फ़ोकस पर रख कर प्रकाश के समांतर किरण पुंज के स्रोत के रूप में उपयोग किया जा सकता है।

2. आप लेंसों के युग्म को दूरी d से पृथकित लेंसों के संयोजन तथा उनके पृथक्करण के समायोजन से बना सकते हैं। आप वाँछित फोकस दूरी का लेंस संयोजन निम्न सूत्र का उपयोग करके बना सकते हैं।

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{d}{f_1 f_2}$$

इस विधि से आप किस परिसर की फ़ोकस दूरियाँ प्राप्त कर सकते हैं?

स्व-मूल्यांकन

1. 20 cm फ़ोकस दूरी का एक उत्तल लेंस एक 10 cm अवतल लेंस के संपर्क में रखा गया है। संयोजन की प्रभावी फ़ोकस दूरी कितनी होगी?

2. यदि एक उत्तल लेंस को जल में पूर्णतया डुबो दिया जाये तो इसकी फ़ोकस दूरी पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

3. यदि f_1 तथा f_2 फ़ोकस दूरियों के दो लेंस d दूरी पर रखे गये हैं तो क्या सूत्र $\frac{1}{F}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$ अब भी वैध होगा। यदि नहीं तो रूपांतरित सूत्र बताइए। क्या संयोजन की फ़ोकस दूरी (i) F से कम होगी (ii) F से अधिक होगी?

सुझाये गये अतिरिक्त प्रयोग/क्रियाकलाप

1. कोई व्यक्ति दूरस्थ वस्तुओं को स्पष्ट देख सकता है लेकिन पुस्तक पढ़ने में असमर्थ है। हम देखते हैं कि वह प्रयोगशाला में उपलब्ध 2, 2/3 m तथा –1 m फ़ोकस दूरी के लेंसों के संयोजन का उपयोग करके पुस्तक को स्पष्टतया पढ़ सकता है। ऐसे व्यक्ति के लिए किस क्षमता के लेंस को निर्धारित किया जाना चाहिए?

2. लेंसों के ऐसे युग्म को छाँटिए जिनका संयोजन (i) एक अभिसारी लेंस की भाँति कार्य करेगा (ii) अभिसारी लेंस की भाँति कार्य नहीं करेगा।